

## Beschreibung

- [001] **Verfahren zum Betreiben einer Umrichterschaltung**
- [002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Umrichterschaltung mit mindestens zwei Ausgängen, die mit je einer Last, insbesondere je einer Induktionsspule, verbunden sind, wobei ein erster der Ausgänge mit einer ersten Umschaltfrequenz und gleichzeitig ein zweiter der Ausgänge mit einer zweiten von der ersten verschiedenen Umschaltfrequenz betrieben wird, so dass Störschall mit einer Frequenz erzeugt wird, die sich aus einer Überlagerung der ersten Umschaltfrequenz mit der zweiten Umschaltfrequenz ergibt.
- [003] Moderne Induktionskochfelder sind üblicherweise mit zwei oder vier Induktionskochstellen ausgestattet. Die Induktionskochstellen weisen Induktionsspulen auf, die über Umrichterschaltungen mit hochfrequenten Betriebsströmen versorgt werden. Es ist bekannt zwei Induktionsspulen gemeinsam durch eine Umrichterschaltung mit zwei Ausgängen zu betreiben, wobei jeder der Ausgänge mit einer Induktionsspule verbunden ist. Um Störgeräuschen bei gleichzeitigem Betrieb der beiden Ausgänge zu vermeiden oder zu reduzieren, sind verschiedene Vorgehensweisen vorgeschlagen worden.
- [004] Aus DE 196 54 268 C2 ist ein Verfahren zum Betreiben der Umrichterschaltung bekannt, bei dem beide Ausgänge der Umrichterschaltung im Zeitmultiplex betrieben werden, so dass keine Störgeräusche entstehen können. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass eine aufwendige Ansteuerung und eine Überdimensionierung der Leistungselektronik notwendig ist.
- [005] Wird auf das Betreiben der Ausgänge im Zeitmultiplex verzichtet und die beiden Induktionsspulen gleichzeitig mit Betriebsströmen unterschiedlicher Frequenz versorgt, so entstehen Störgeräusche. Es ist bekannt durch Drosselpulen, die in Serie zur Induktionsspule geschaltet sind, diese Störgeräusche zu reduzieren. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass das Verfahren nicht immer stabil ist. Zudem können die Störgeräusche nur gedämpft werden und die Drosselpulen sind als zusätzliche Bauteile nötig, wodurch sich die Umrichterschaltung verteuert.
- [006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes und kostengünstiges Verfahren zum Betreiben einer Umrichterschaltung mit mindestens zwei Ausgängen, insbesondere für ein Induktionskochfeld, zur Verfügung zu stellen.
- [007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer Umrichterschaltung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

- [008] Bei einer Umrichterschaltung mit mindestens zwei Ausgängen, die mit je einer Last, insbesondere je einer Induktionsspule, verbunden sind, wird ein erster der Ausgänge mit einer ersten Umschaltfrequenz und gleichzeitig ein zweiter der Ausgänge mit einer zweiten von der ersten verschiedenen Umschaltfrequenz betrieben. Auf diese Weise wird Störschall mit einer Frequenz erzeugt, die sich aus einer Überlagerung der ersten Umschaltfrequenz mit der zweiten Umschaltfrequenz ergibt. Die Umrichterschaltung wird derart betrieben, dass die Frequenz des Störschalls kleiner ist als eine erste Grenzfrequenz und/oder größer ist als eine zweite Grenzfrequenz. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass Störschall mit einer Frequenz erzeugt werden kann, die außerhalb des menschlichen Hörbereichs liegt, indem die erste Grenzfrequenz und die zweite Grenzfrequenz entsprechend gewählt werden. Des Weiteren können die Induktionsspulen mit Frequenzen betrieben werden, bei denen ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann. Außerdem kann auf zusätzliche Bauteile wie Drosselpulen zur Reduzierung des Störschalls verzichtet werden.
- [009] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Umschaltfrequenz und/oder die zweite Umschaltfrequenz derart betrieben wird, dass die Frequenz des Störschalls kleiner ist als die erste Grenzfrequenz und/oder größer ist als die zweite Grenzfrequenz. Die Umschaltfrequenzen der Ausgänge können über intelligente Leistungsschalter auf einfache Weise angepasst werden.
- [010] Vorteilhafterweise wird eine elektrische Leistung zumindest eines der Ausgänge durch eine relative Einschaltdauer und/oder die Umschaltfrequenz geregelt. Somit kann die Umrichterschaltung mit den Induktionsspulen derart betrieben werden, dass ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird.
- [011] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Grenzfrequenz und/oder die zweite Grenzfrequenz abhängig von einem Pegel des Störschalls bestimmt wird. Auf diese Weise können die Grenzfrequenzen an die menschliche Hörschwelle angepasst werden, so dass der Störschall nicht wahrgenommen werden kann.
- [012] Insbesondere werden die erste Grenzfrequenz und/oder die zweite Grenzfrequenz abhängig von einer elektrischen Gesamtleistung der Ausgänge bestimmt. Der Pegel des Störschalls ist von der elektrischen Gesamtleistung der Ausgänge abhängig und die elektrische Gesamtleistung kann leicht bestimmt werden. Auf diese Weise können die Grenzfrequenzen besonders leicht an die menschliche Hörschwelle angepasst werden.
- [013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Grenzfrequenz 2 Kilohertz und/oder die zweite Grenzfrequenz 14 Kilohertz beträgt.

Für diese Grenzfrequenzen liegt die menschliche Hörschwelle sehr hoch, so dass der Pegel des Störschalls die menschliche Hörschwelle nicht erreicht oder nur unwesentlich überschreitet.

- [014] Insbesondere betrifft die Erfindung ein Induktionsgargerät, wie z.B. ein Induktionskochfeld oder einen Herd mit einem Induktionsheizelement.
- [015] Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert:
- [016] Es zeigen
- [017] Fig.1a eine erste Ausführungsform einer Umrichterschaltung,
- [018] Fig.1b eine zweite Ausführungsform einer Umrichterschaltung
- [019] Fig.2 eine schematische Darstellung möglicher Frequenzen eines Störschalls bei Betrieb der Umrichterschaltungen gemäß Figur 1,
- [020] Fig.3 einen schematischen Verlauf der menschlichen Hörschwelle,
- [021] Fig.4 ein schematischer zeitlicher Verlauf einer Periode einer Ausgangsspannung der Umrichterschaltungen gemäß Figur 1, und
- [022] Fig.5 eine schematische Darstellung einer Anpassung von elektrischen Ausgangsleistungen für die Umrichterschaltungen gemäß Figur 1 unter Berücksichtigung von einer ersten und einer zweiten Grenzfrequenz.
- [023] Figur 1a und 1b zeigen in schematischer Darstellung zwei verschiedene Ausführungsformen einer Umrichterschaltung mit zwei Ausgängen bzw. Induktionsspulen. Hierin bezeichnet V eine Spannungsquelle, I1 eine erste und I2 eine zweite Induktionsspule, S1, S2, S3 und S4 Hochfrequenzschalter, CF1 und CF2 kapazitive Eingangsfilter und C1+, C1-, C2+ und C2- Kondensatoren. Die zweite Ausführungsform (Fig.1b) unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform (Fig.1a) dadurch, dass zwei Umschalter R1, R2 zur Rekonfigurierung der Topologie vorgesehen sind, für den Fall, dass nicht beide Induktionsspulen I1, I2 eingeschaltet bzw. nicht beide Ausgänge aktiv sind.
- [024] Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung möglicher Frequenzen eines Störschalls bei Betrieb der Umrichterschaltungen gemäß Figur 1a oder 1b. Die erste Induktionsspule I1 wird mit einer ersten Umschaltfrequenz f1 und die zweite Induktionsspule I2 mit einer zweiten Umschaltfrequenz f2 betrieben, die größer ist als die erste Umschaltfrequenz f1. Beide Umschaltfrequenzen f1, f2 liegen über einer maximalen Frequenz  $f_{\max}$ , die vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden kann. Auf diese Weise kann Störschall der mit den Umschaltfrequenzen f1 und f2 entsteht nicht vom Menschen gehört werden. Durch eine Überlagerung der beiden Umschalt-

frequenzen  $f_1, f_2$  entsteht weiterer Störschall mit beispielsweise einer Frequenz  $f_S$ , die einer Differenz aus der zweiten Umschalfrequenz  $f_2$  minus der ersten Umschalfrequenz  $f_1$  entspricht. Diese Frequenz  $f_S$  kann in einem Frequenzband B liegen, welches die vom Menschen wahrnehmbaren Frequenzen angibt. Der Störschall kann bei unterschiedlichen Frequenzen  $f_1, f_2, f_S$  unterschiedlichen Pegel  $L_1, L_2, LS$  haben, was durch Pfeile unterschiedlicher Länge bei den Frequenzen  $f_1, f_2$  und  $f_S$  in Figur 2 angedeutet ist.

[025] Figur 3 zeigt einen schematischen Verlauf der menschlichen Hörschwelle H. Je nach Frequenz  $f$  kann vom menschlichen Gehör ein unterschiedlicher minimaler Schallpegel  $L$  wahrgenommen werden, der durch den Verlauf der Hörschwelle H in Figur 3 angegeben ist. Anhand des Pegels  $LS$  des Störschalls und dessen Schnittpunkte mit dem Verlauf der Hörschwelle H werden eine erste Grenzfrequenz  $g_1$  und eine zweite Grenzfrequenz  $g_2$  festgelegt, wobei die erste Grenzfrequenz  $g_1$  kleiner ist als die zweite Grenzfrequenz  $g_2$ . Die Umrichterschaltungen gemäß Figur 1a und 1b werden erfindungsgemäß so betrieben, dass die Frequenz  $f_S$  des Störschalls kleiner ist als die erste Grenzfrequenz  $g_1$  oder größer als die zweite Grenzfrequenz  $g_2$ . Auf diese Weise liegt der Störschall außerhalb des menschlichen Hörbereichs und kann somit nicht wahrgenommen werden. Der Pegel  $LS$  des zu erwartenden Störschalls kann beispielsweise anhand der Umschalfrequenzen  $f_1, f_2$  und der den Induktionsspulen  $I_1, I_2$  zugeführten elektrischen Leistungen  $P_1$  und  $P_2$  abgeschätzt werden. Alternativ können experimentelle Grenzfrequenzen  $g_1, g_2$  festgelegt werden, beispielsweise die erste Grenzfrequenz  $g_1$  bei 2 Kilohertz und die zweite Grenzfrequenz  $g_2$  bei 14 Kilohertz.

[026] Parameter für eine Anpassung der den Induktionsspulen  $I_1, I_2$  zugeführten elektrischen Leistungen  $P_1, P_2$  sind zum einen die Umschalfrequenzen  $f_1, f_2$  und zum anderen eine relative Einschaltdauer  $D$ . In Figur 4 ist ein schematischer zeitlicher Verlauf einer Periode einer Ausgangsspannung  $UA$  der Umrichterschaltungen gemäß Figur 1a und 1b gezeigt. Die Periode  $1/f$  ist in Figur 4 auf Eins normiert. Die Ausgangsspannung  $UA$  steigt während der relativen Einschaltdauer  $D$  an und klingt danach langsam wieder ab. Die den Induktionsspulen  $I_1, I_2$  zugeführten elektrischen Leistungen  $P_1, P_2$  werden für relative Einschaltdauern  $D$  von 0.5 maximal.

[027] In Figur 5 ist eine schematische Darstellung einer Anpassung der elektrischen Ausgangsleistungen  $P_1$  und  $P_2$  für die beiden Induktionsspulen  $I_1, I_2$  gemäß den Umrichterschaltungen aus Figur 1a und 1b unter Berücksichtigung der beiden Grenzfrequenzen  $g_1$  und  $g_2$  gezeigt. Für beispielsweise die erste Induktionsspule  $I_1$ , die von beiden Induktionsspulen  $I_1, I_2$  die höhere elektrische Leistung  $P_1$  benötigt, wird die

Umschaltfrequenz f1 beispielsweise bei 21 Kiloherz und die relative Einschaltdauer D bei 0.5 festgelegt. Die elektrische Leistung P2 für die zweite Induktionsspule I2 wird nun durch die relative Einschaltdauer D und durch die Umschaltfrequenz f2 unter Berücksichtigung der beiden Grenzfrequenzen g1 und g2 eingestellt. Die zweite Umschaltfrequenz f2 kann im Bereich zwischen der ersten Umschaltfrequenz f1 (hier 21 Kiloherz) und der Summe aus erster Umschaltfrequenz f1 und erster Grenzfrequenz g1 liegen (hier 23 Kiloherz) und oberhalb der Summe aus erster Umschaltfrequenz f1 und zweiter Grenzfrequenz g2 liegen (hier 35 Kiloherz). Auf diese Weise ist sichergestellt, dass der Störschall mit der Frequenz fS, die aus der Differenz der zweiten Umschaltfrequenz f2 und der ersten Umschaltfrequenz f1 entsteht, vom menschlichen Gehör nicht wahrgenommen wird.

- [028] **Bezugszeichenliste**
- [029] B Frequenzband
- [030] C1+ Kondensator
- [031] C1- Kondensator
- [032] C2+ Kondensator
- [033] C2- Kondensator
- [034] CF1 Kapazitives Eingangsfilter
- [035] CF2 Kapazitives Eingangsfilter
- [036] D Relative Einschaltdauer
- [037] f Frequenz
- [038] f<sub>max</sub> Maximale Frequenz, die vom menschlichen Gehör wahrgenommen wird
- [039] f1 Umschaltfrequenz der ersten Induktionsspule
- [040] f2 Umschaltfrequenz der zweiten Induktionsspule
- [041] fS Frequenz des Störschalls
- [042] g1 Erste Grenzfrequenz
- [043] g2 Zweite Grenzfrequenz
- [044] H Hörschwelle
- [045] I1 Erste Induktionsspule
- [046] I2 Zweite Induktionsspule
- [047] L Schallpegel
- [048] L1 Schallpegel bei der ersten Umschaltfrequenz
- [049] L2 Schallpegel bei der zweiten Umschaltfrequenz
- [050] LS Pegel des Störschalls bei fS
- [051] P Elektrische Leistung

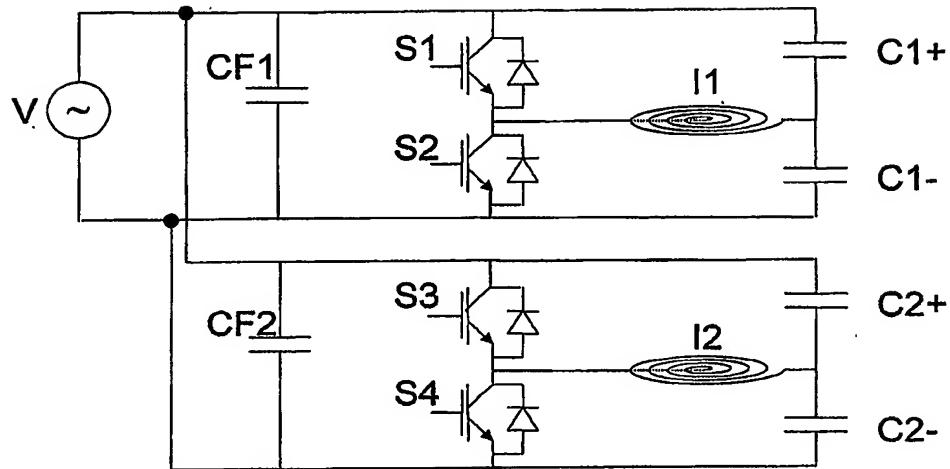
- [052] P1 Elektrische Leistung der ersten Induktionsspule
- [053] P2 Elektrische Leistung der zweiten Induktionsspule
- [054] R1 Umschalter
- [055] R2 Umschalter
- [056] t Zeit
- [057] U Spannung
- [058] UA Ausgangsspannung
- [059] V Spannungsquelle

## Ansprüche

- [001] Verfahren zum Betreiben einer Umrichterschaltung mit mindestens zwei Ausgängen, die mit je einer Last, insbesondere je einer Induktionsspule (I1, I2), verbunden sind, wobei ein erster der Ausgänge (I1) mit einer ersten Umschalfrequenz (f1) und gleichzeitig ein zweiter der Ausgänge (I2) mit einer zweiten von der ersten verschiedenen Umschalfrequenz (f2) betrieben wird, so dass Störschall mit einer Frequenz (fS) erzeugt wird, die sich aus einer Überlagerung der ersten Umschalfrequenz (f1) mit der zweiten Umschalfrequenz (f2) ergibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Umrichterschaltung derart betrieben wird, dass die Frequenz (fS) des Störschalls kleiner ist als eine erste Grenzfrequenz (g1) und/oder größer ist als eine zweite Grenzfrequenz (g2).
- [002] Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Umschalfrequenz (f1) und/oder die zweite Umschalfrequenz (f2) derart betrieben wird, dass die Frequenz (fS) des Störschalls kleiner ist als die erste Grenzfrequenz (g1) und/oder größer ist als die zweite Grenzfrequenz (g2).
- [003] Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrische Leistung (P1, P2) zumindest eines der Ausgänge (I1, I2) durch eine relative Einschaltdauer (D) und/oder die Umschalfrequenz (f1, f2) geregelt wird.
- [004] Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Grenzfrequenz (g1) und/oder die zweite Grenzfrequenz (g2) abhängig von einem Pegel (LS) des Störschalls bestimmt wird.
- [005] Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Grenzfrequenz (g1) und/oder die zweite Grenzfrequenz (g2) abhängig von einer elektrischen Gesamtleistung (P1, P2) der Ausgänge (I1, I2) bestimmt wird.
- [006] Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Grenzfrequenz (g1) 2 Kilohertz und/oder die zweite Grenzfrequenz (g2) 14 Kilohertz beträgt.

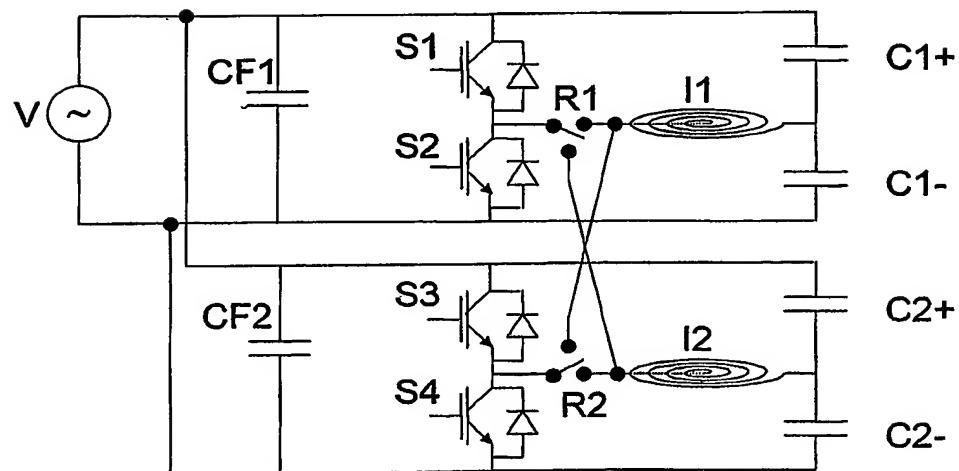
[Fig. 001]

Fig. 1a



[Fig. 002]

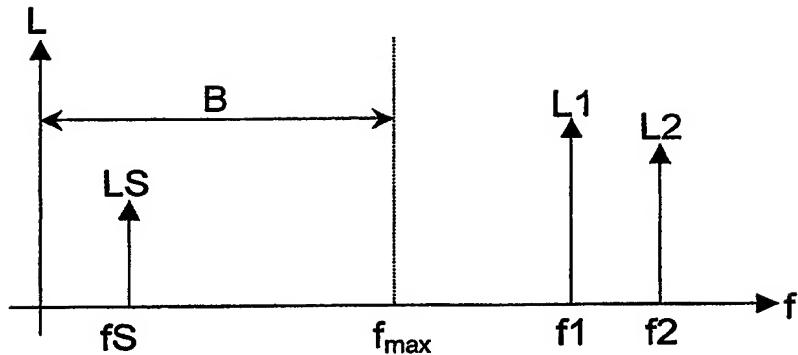
Fig. 1b



2/3

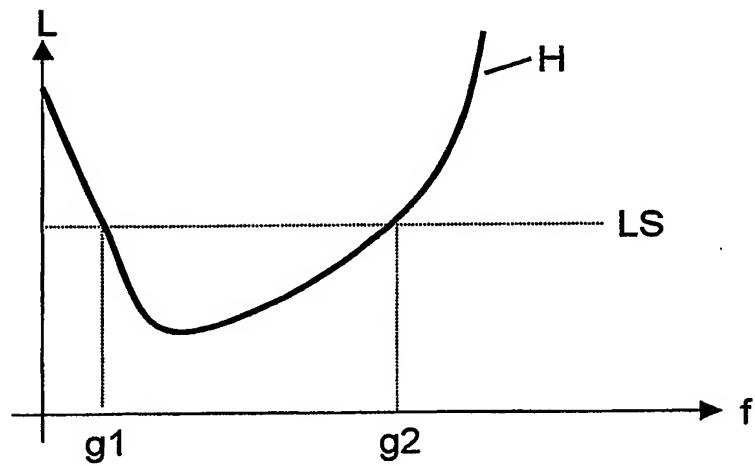
[Fig. 003]

Fig. 2



[Fig. 004]

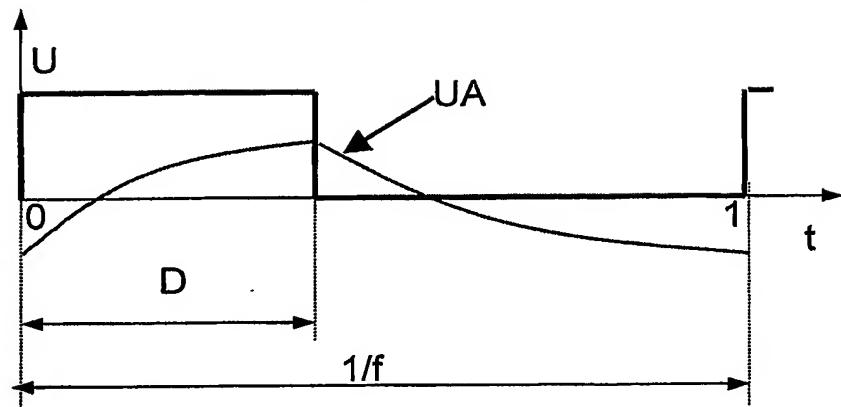
Fig. 3



3/3

[Fig. 005]

Fig. 4



[Fig. 006]

Fig. 5

